

**Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя**

Довгаль Богдан Миколайович

УДК 617.7 - 073.178

**МЕТОД АНАЛІЗУ ЛАЗЕРНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ У
БІОЛОГІЧНИХ СЕРЕДОВИЩАХ**

163 – Біомедична інженерія

Автореферат дипломної роботи магістра

Тернопіль – 2018

Роботу виконано на кафедрі біотехнічних систем Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя Міністерства освіти і науки України

Керівник роботи: кандидат технічних наук, доцент,
завідувач кафедри біотехнічних систем
Яворська Євгенія Богданівна,
Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя,

Рецензент: кандидат фізико-математичних наук, доцент,
доцент кафедри приладів і контрольно-вимірювальних
систем
Зелінський Ігор Микитович,
Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя

Захист відбудеться 22 лютого 2018 р. о 10⁰⁰ годині на засіданні екзаменаційної комісії № 22 у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя за адресою: 46001, м. Тернопіль, вул. Текстильна, 28, навчальний корпус №9, ауд. 9-507.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. В даний час у більшості країн світу спостерігається інтенсивне впровадження лазерного випромінювання у біологічних дослідженнях і в практичній медицині. Клінічні спостереження показали ефективність лазера ультрафіолетового, видимого та інфрачервоного спектрів для місцевого застосування на патологічний осередок і для впливу на весь організм. В Україні лазери застосовуються в біології та медицині вже більше 30 років. За останні 15 років механізми дії багато в чому розкриті і уточнені.

Важливою галуззю застосування низькоенергетичних впливів при когерентному інфрачервоному випромінюванні (лазерні випромінювання) є біомедична оптика. Тут лазерні випромінювання використовуються для діагностики, терапії або хірургічних операцій. На сьогодні постійно виникає зростання кількості різного роду медичних процедур із використанням лазерного випромінювання. Об'єктом впливу є молекули, клітини або біотканини.

При лазерній обробці біологічного середовища часто необхідно здійснювати селективне термічне ураження об'єкту, який знаходиться у даному середовищі (нагріти його не пошкоджуючи оточуючі його структури). Для цього необхідно здійснити вибір оптимальних спектральних, часових та енергетичних характеристик лазерного випромінювання. У більшості випадків основним параметром для досягнення селективності є довжина хвилі випромінювання, крім того потрібно враховувати тривалість обробки, розміри біооб'єкту, глибина його розміщення. Під час впливу лазерного випромінювання на біотканини важливу роль відіграють їх особливості, так наприклад, рух крові по судинам і процеси терморегуляції. Кровоплин може виступити в ролі додаткового і досить ефективного механізму відведення тепла від місця опромінення, а це в свою чергу впливає на безпечність процедури, оскільки порушується локальність нагріву. Механізми терморегуляції вносять нелінійність в процес лазерного нагріву шкіри.

Часто виникає необхідність обробки тканин послідовністю імпульсів, які переміщуються по поверхні тканини, наприклад, зубної емалі. Тут також необхідно оптимізувати параметри лазерного випромінювання та режим обробки для досягнення необхідного ефекту.

Таким чином, виникає необхідність удосконалення методів і засобів аналізу дії низькоенергетичного лазерного випромінювання є важливим та актуальним.

Мета і задачі дослідження. *Метою роботи* є дослідження впливу низькоенергетичного лазерного випромінювання на базі моделі у вигляді теплових процесів у біологічних середовищах та визначення їх параметрів.

Досягнення цієї мети вимагає розв'язання таких задач:

1. Провести аналіз відомих математичних моделей впливу низькоенергетичного лазерного випромінювання та методів опрацювання їх для обґрунтування напрямку наукового дослідження.

2. Побудувати математичну модель теплового стану багат шарової біологічної тканини при її нагріванні лазерним випромінюванням з врахуванням його поглинання та розсіювання біологічним середовищем оточеним дифузно-відбивальними границями та провести її верифікацію.

3. Провести імітаційне моделювання теплового стану багатошарової біологічної тканини при її нагріванні лазерним випромінюванням з метою перевірки обґрунтованої математичної моделі та методів її опрацювання

Об'єкт дослідження: процес впливу низькоенергетичного лазерного випромінювання на біологічне середовище.

Предмет дослідження: математична модель впливу низькоенергетичного лазерного випромінювання та його взаємодія із біологічним середовищем.

Методи дослідження побудовано на базі чисельних методів та диференціального числення.

Наукова новизна отриманих результатів. Набула подальшого розвитку математична модель теплового стану багатошарової біологічної тканини при її нагріванні лазерним випромінюванням з врахуванням його поглинання та розсіювання біологічним середовищем оточеним дифузно-відбивальними границями.

Апробація результатів дослідження. Окремі результати роботи апробовано на X Всеукраїнській студентській науково-практичній конференції «Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання» (Тернопіль, 2017 р.).

Структура та обсяг. Дипломна робота складається із вступу, восьми розділів, висновку, викладених на 98 сторінках, списку використаних джерел з 69 назв на 6 сторінках, додатків на 2 сторінках. Загальний обсяг роботи становить 106 сторінок.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі шляхом аналізу та порівняння відомих електрофізіологічних методів та засобів низькоенергетичних впливів при лазерного випромінювання на біологічне середовище обґрунтовано актуальність теми роботи, сформульовано мету і задачі дослідження, визначено об'єкт, предмет і методи дослідження, показано наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, розкрито питання апробації результатів роботи на конференціях і семінарах.

У першому розділі «Аналіз стану проблеми низькоенергетичних впливів при лазерному випромінюванні» на основі проведеного аналізу відомих електрофізіологічних методів та засобів низькоенергетичних впливів при когерентному інфрачервоному випромінюванні (лазерному випромінюванні) встановлено необхідність подальшого їх удосконалення для уможливлення їх застосування для оцінювання функціонального стану людини в напрямі підвищення точності, покращеної роздільної здатності, автоматичності, інтерактивності та функціональної ефективності. Показано необхідність побудови математичної моделі, яка описує взаємодію лазерного випромінювання з біологічним середовищем з метою вирішення поставленої задачі оптимізації параметрів лазерного випромінювання, та оцінювання результату, отриманого при його впливі на біологічне середовище.

У другому розділі «Математичне моделювання процесу низькоенергетичних впливів при оптичному випромінюванні» наведено обґрунтування та побудову методів розв'язання задач шляхом систематизованого та узгодженого викладення

праць. Крім того, сформульовано основні вимоги до математичної моделі, розглянуто методи моделювання процесу радіаційного впливу, що відповідає як фізичній природі оптичного випромінювання, так і розв'язуваній в роботі задачі.

У третьому розділі «Верифікація математичної моделі процесу низькоенергетичних впливів при лазерному випромінюванні» проведено верифікацію математичної моделі процесу низькоенергетичних впливів при когерентному інфрачервоному випромінюванні. За модель об'єкта лазерного впливу використано обмежену ділянку біологічної тканини. На основі розроблених фізичної та математичної моделі розроблено числову модель біологічної тканини

У четвертому розділі «Імітаційне моделювання теплового стану багат шарової біологічної тканини» проведено імітаційне моделювання теплового стану багат шарової біологічної тканини при її нагріванні лазерним випромінюванням з метою перевірки обґрунтованої математичної моделі та методів її опрацювання.

У п'ятому розділі «Спеціальна частина» описано метрологічне забезпечення медико-біологічних досліджень, а саме еталонна база в галузі вимірювання енергетичних характеристик монохроматичного оптичного випромінювання та проведено обґрунтування вибору Matlab як програмного забезпечення для розв'язання наукової задачі, а саме за допомогою Matlab створено імітаційну модель процесу нагрівання напівскінченного тіла.

У шостому розділі «Обґрунтування економічної ефективності» на підставі виконаних розрахунків та нормативних даних встановлено, що планова калькуляція вартості проведення досліджень по темі становить 59612,53 грн., а кількісна оцінка науково-технічна ефективність науково-дослідної роботи, яка здійснюються експертним шляхом за десятибальною шкалою і визначається як середньоарифметичне, що складає 0,685 від максимального числа 1, а рекомендації по результатам виконання НДР можуть бути сформульовані після ретельного аналізу отриманих результатів.

У сьомому розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» проаналізовано негативний вплив шкідливих факторів та чинників на коректну роботу інженера-дослідника, де використовується представлений метод дослідження пацієнта з використанням спеціального обладнання. Розглянуто питання професійного добору працівників як складової комплексу профілактичних заходів щодо забезпечення безпеки праці.

У восьмому розділі «Екологія» проаналізовано питання впливу лазерного випромінювання на навколишнє середовище та утилізації медичних відходів.

У додатках наведено тексти програм, розроблені для ПК (ОС Windows XP).

ВИСНОВКИ

У дипломній роботі магістра узагальнено і вирішено наукову задачу, яка полягає в удосконаленні методів і засобів аналізу дії низькоенергетичного лазерного випромінювання.

При цьому отримані такі наукові та практичні результати:

1. На основі проведеного аналітичного огляду існуючих електрофізіологічних методів та засобів встановлено необхідність подальшого їх удосконалення для уможливлення їх застосування для оцінювання функціонального стану людини встановлено, що відомі методи та засоби аналізу низькоенергетичного лазерного випромінювання в процесі лікування людини вимагають суттєвого удосконалення в напрямі підвищення точності, поліпшеної роздільної здатності, автоматичності, інтерактивності та функціональної ефективності.

2. Набула подальшого розвитку математична модель теплового стану багатошарової біологічної тканини при її нагріванні лазерним випромінюванням з врахуванням його поглинання та розсіювання напівпрозорим середовищем, оточеним напівпрозорими дифузно-відбивальними границями.

3. На підставі отриманої математичної моделі нагрівання зразка біологічних тканин під дією лазерного випромінювання з врахуванням складного радіаційно-кондуктивного теплообміну та методики числового розв'язання задачі розроблено числову модель, яка необхідна для проведення числового аналізу для визначення розподілу температури, градієнтів температури та густини теплових потоків в залежності від параметрів системи (геометричних, фізичних, умов зовнішнього теплообміну та ін.).

4. Проведено верифікацію математичної моделі процесу низькоенергетичного лазерного випромінювання. За модель об'єкта лазерного впливу використано обмежену ділянку біологічної тканини. На основі розроблених фізичної та математичної моделі розроблено числову модель біологічної тканини.

5. Перевірку адекватності розробленої числової моделі виконувалась на аналітичному розв'язку лінійної нестационарної задачі теплопровідності для напівобмеженого однорідного тіла при граничних умовах II роду (тобто, коли тіло яке має початкову постійну температуру, нагрівається постійним тепловим потоком). Результати зіставлення даних числового моделювання з аналітичного розв'язку показали, що похибка числових результатів не перевищує 0,5%..

ПЕРЕЛІК ПРАЦЬ

1. Довгаль Б. Аналіз сучасних методів діагностики глаукоми / Б. Довгаль // Матеріали X Всеукраїнської студентської науково-технічної конференції „Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання“, 25-26 квітня 2017 року — Тернопіль : ТНТУ, 2017 — Том 1. — С. 263. — (Секція: Радіоелектронні біотехнічні системи).

АНОТАЦІЯ

Довгаль Богдан Миколайович. Метод аналізу лазерного випромінювання у біологічних середовищах. – Рукопис.

Дипломна робота магістра за спеціальністю 163 – біомедична інженерія, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль, 2018.

Дипломну роботу магістра присвячено аналізу дії низькоенергетичного лазерного випромінювання, проведено аналіз відомих математичних моделей процесу та методів опрацювання їх для обґрунтування напрямку наукового дослідження. Побудовано математичну модель теплового стану багатопарової біологічної тканини при її нагріванні лазерним випромінюванням з врахуванням його поглинання та розсіювання напівпрозорим середовищем, оточеним напівпрозорими дифузно-відбивальними границями та проведено її верифікацію.

Ключові слова: низькоенергетичний вплив, лазерне випромінювання, лазер, математична модель, верифікація.

ANNOTATION

Dovhal' Bohdan. Method of analysis of laser radiation in biological media. – Manuscript.

Master's thesis work on specialty 163 – biomedical engineering, Ternopil National Technical University named after Ivan Pul'uj, Тернопіль, 2018.

The master's work is devoted to the analysis of the action of low-energy laser radiation, the analysis of known mathematical models of the process and methods of their processing for substantiation of the direction of scientific research.

The mathematical model of the thermal state of multilayered biological tissue when it is heated by laser radiation with regard to absorption and scattering translucent environment, surrounded by translucent reflective dyfuzno- boundaries. Conducted mathematical model verification.

Keywords: low-energy impact, laser radiation, mathematical model, verification.